

## NUTRICION MINERAL EN VERDEOS Y PASTURAS: MANEJO DE ALTO IMPACTO PRODUCTIVO

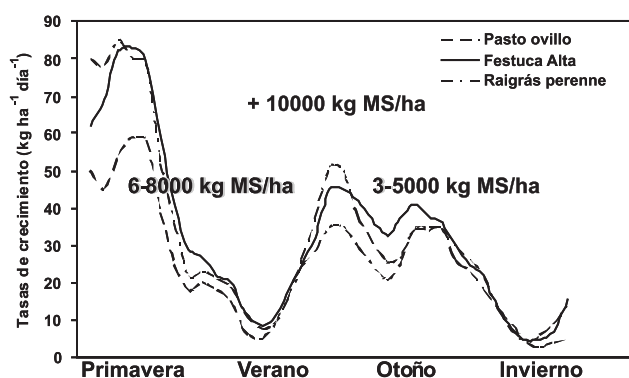
**Marino, M.A.<sup>1</sup> y Agnusdei, M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata (FCA, UNMP). [amarino@balcarce.inta.gov.ar](mailto:amarino@balcarce.inta.gov.ar)

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA EEA Balcarce).

### Introducción

Para las condiciones edafo-climáticas de la región pampeana, las pasturas cuyo principal componente son las gramíneas perennes permitirían alcanzar producciones anuales de forraje del orden de las 12-15 t/ha (Figura 1) en forma sostenida a lo largo de los años. La utilización de leguminosas perennes como alfalfa, ya sea en pasturas puras o consociadas, permitiría superar ese valor.



**Figura 1:** Crecimiento estacional de gramíneas forrajeras templadas. Mazzanti *et al.*, 1992.

Sin embargo, el uso ineficiente de los recursos ambientales (básicamente radiación solar, temperatura, agua y nutrientes) disminuye dichas tasas de crecimiento. Entre las principales causas de las limitaciones observadas en el techo productivo de los recursos forrajeros se destacan las deficiencias nutricionales.

En este sentido, si bien la mayoría de los productores ganaderos reconocen el efecto positivo de la fertilización sobre la producción de las pasturas (Cástino, 2007), se desconocen aspectos básicos del estado nutricional de los recursos

forrajeros y su impacto sobre la sustentabilidad de los sistemas productivos. Por consiguiente, suelen establecerse relaciones costo/beneficio parciales e inexactas. Por lo tanto, a diferencia de otras regiones ganaderas templadas del mundo donde el uso excesivo de fertilizantes ha ocasionado serios perjuicios ambientales (Goulding, 2007), en nuestro país la incorporación de nutrientes es una práctica que no alcanza a satisfacer los requerimientos de los recursos forrajeros.

En este artículo se presentarán conceptos generales referidos a: 1) los requerimientos nutricionales de las pasturas, 2) el/los impacto/s de deficiencias nutricionales sobre la producción de forraje, 3) la variabilidad espacial y temporal en la oferta ambiental de nutrientes para el crecimiento de las pasturas y 4) alternativas de manejo para mejorar el estado nutricional de los recursos forrajeros con alto impacto productivo.

### **1. Requerimientos nutricionales de las pasturas**

Como se puede observar en la Figura 1, las tasas de crecimiento de las gramíneas genéticamente (crecimiento vegetativo/reproductivo) es afectado por los factores climáticos. El consumo de nutrientes minerales está estrechamente asociado con la tasa de crecimiento de las plantas, por lo tanto aumentará en la medida que las pasturas produzcan más forraje. Así, el requerimiento será máximo en primavera y mínimo en invierno.

Si bien todas las plantas demandan diversos nutrientes para su crecimiento, existen diferencias entre especies en la cantidad requerida y en el modo de obtenerlos. En este sentido se puede realizar una distinción entre los requerimientos nutricionales de pasturas cuyo componente principal son leguminosas (alfalfa, tréboles) o gramíneas (festuca, agropiro, pasto ovillo, raigrás, etc.).

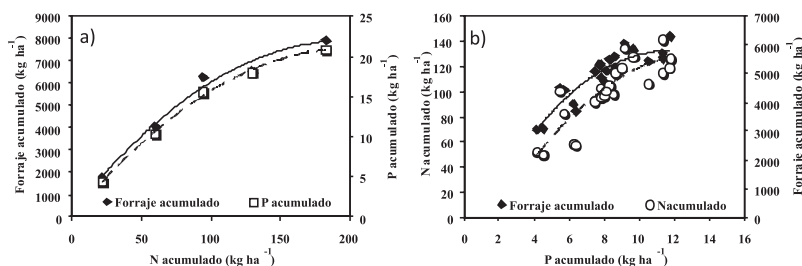
En el caso de pasturas base leguminosas (ej. alfalfa), el nutriente que en mayor medida controla el crecimiento de la pastura es el fósforo (P), dado que estas plantas cuentan con el aporte de nitrógeno (N) proveniente de la fijación simbiótica del N atmosférico. De esta manera pueden cubrir buena parte de su demanda de N (West y Mallarino, 1996).

En cambio, las especies gramíneas dependen del P y del N que se encuentren disponibles en el suelo. Cuando las gramíneas integran pasturas consociadas con leguminosas, estas últimas pueden «transferir» una parte del N fijado una vez que alcanzan la madurez y comienzan el proceso de senescencia. Esto ocurre avanzada la primavera, cuando las gramíneas templadas superaron el momento de mayor requerimiento de N (que ocurre a la salida del invierno). La cantidad de N proveniente de la fijación simbiótica es sumamente variable según las condiciones ambientales (temperatura, humedad), la leguminosa hospedante (especie, tasa de crecimiento, proporción en la pastura), las condiciones edáficas (pH), etc. Por lo tanto, este aporte de N representaría de

un 10 a un 50 % de los requerimientos de las especies gramíneas (West y Mallarino, 1996). Por esto, pasturas consociadas base gramíneas manifiestan restricciones en su crecimiento debidas a deficiencias en la disponibilidad de N fundamentalmente a la salida del invierno (Marino y Berardo, 2000).

Independientemente de la especie forrajera considerada, la deficiencia de un nutriente puede restringir el crecimiento vegetal, aunque los restantes nutrientes se encuentren disponibles en cantidades adecuadas. Así, en la Figura 2 se muestra como la acumulación de forraje es dependiente de la cantidad de N y/o de P presente en sus tejidos. Una insuficiencia en la disponibilidad de cualquiera de ellos impondrá una limitación en la producción de forraje. En términos generales se pueden considerar requerimientos de 2 a 3 kg P y 20 a 30 kg de N por tonelada de forraje producido.

Esto significa que acumulaciones de forraje próximas a las 12 t MS/ha mencionadas anteriormente requerirán aproximadamente 24 a 36 kg de P/ha y de 240 a 360 kg de N/ha. Cabe destacar que recursos forrajeros de alto potencial productivo como los verdeos de verano (ej: maíz, sorgo) manifiestan elevados consumos de nutrientes (Andrade *et al.*, 2001) y con posterioridad a su cosecha la incorporación de materia orgánica al suelo a través del rastrojo suele ser mucho menor a la que se incorpora cuando se cosecha solamente el grano.



**Figura 2:** Producción de forraje y consumo de P (a: crecimiento invierno-primaveral de raigrás anual - cebadilla) o de N (b: crecimiento otoño-invernal de festuca) según el contenido de N o P en los tejidos.

## 2. Oferta de nutrientes

Para las condiciones productivas locales, la mayor parte de los nutrientes consumidos son de origen edáfico y/o de la fijación simbiótica de N, sin embargo normalmente estos no satisfacen la demanda vegetal y se generan desbalances de distinta magnitud según la época del año considerada.

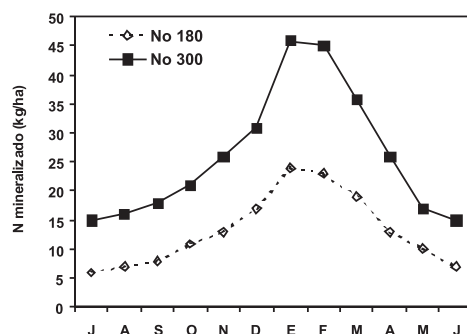
Por otra parte, las reposiciones de los nutrientes extraídos del suelo (a través de fertilización) son infrecuentes e inferiores a las cantidades requeridas con lo cual se verifica un proceso de degradación de la fertilidad potencial de los suelos (García, 2001).

Los principales factores que afectan la disponibilidad de los nutrientes son: tipo de nutriente, características del suelo, manejo previo del lote (manejo, consumo de cultivos previos, etc.) y condiciones climáticas.

En primer lugar, los nutrientes minerales manifiestan diferentes dinámicas que afectan su disponibilidad. A modo de ejemplo, el P es un nutriente de escasa movilidad ya que es adsorbido a las partículas de suelo. Su oferta depende principalmente del contenido del material originario, aunque una parte se halla presente en la materia orgánica del suelo. Estas características le otorgan, para las condiciones productivas locales, una relativa estabilidad y bajo riesgo de pérdidas hacia el ambiente. El N en cambio es un nutriente altamente móvil y lábil, se encuentra disuelto en la solución del suelo y su disponibilidad depende de la mineralización de la materia orgánica edáfica. Es altamente dependiente de las condiciones ambientales (humedad y temperatura) y está sujeto a diversas vías de pérdidas (lixiviación, volatilización, desnitrificación, etc.).

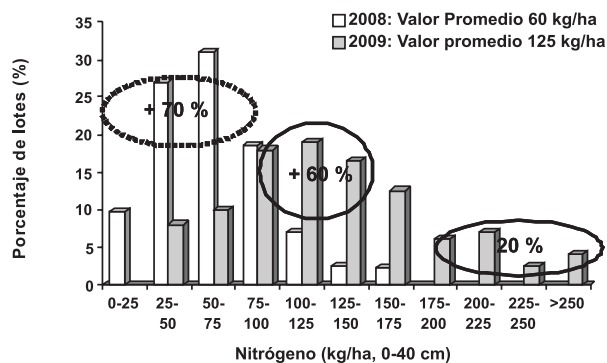
Estas diferencias afectan también el manejo de la aplicación de nutrientes. Por ejemplo, el aporte de fertilizantes fosfatados para las pasturas puede realizarse una vez al año o periódicamente cada dos años. Una parte del P aplicado es capturado por las raíces vegetales y/o microorganismos y otra parte será adsorbida a las partículas de suelo. Con posterioridad esta última fracción será liberada gradualmente a la solución del suelo para reponer el P consumido, aunque las características de cada suelo afectarán este proceso y consecuentemente la disponibilidad del P aplicado (Boschetti *et al.*, 1996). De esta manera se manifiesta un «efecto residual» del P sobre el crecimiento de la pastura en los años posteriores a su aplicación (Berardo y Marino, 2000b).

La disponibilidad de N en el suelo presenta marcadas fluctuaciones estacionales asociadas con variaciones en la temperatura y su efecto sobre la actividad de los microorganismos responsables de la mineralización (Figura 3). Pero, independientemente del contenido de materia orgánica, Por esto, se registra una alta oferta del nutriente avanzada la primavera y en verano, siendo mínima en invierno cuando las bajas temperaturas restringen dicho proceso (Echeverría y Bergonzi, 1995). Esta variación estacional también se observa con otros nutrientes asociados a la materia orgánica del suelo (como azufre) y en menor magnitud con P.



**Figura 3:** Distribución estacional de las tasas de mineralización de N en suelos del sudeste bonaerense con distinta cantidad de N potencialmente mineralizable (No 180; No 300) (Echeverría y Bergonzi, 1995).

Adicionalmente, las condiciones climáticas registradas durante un ciclo productivo afectan el crecimiento de las plantas, el consumo de nutrientes y la disponibilidad remanente para el próximo ciclo productivo. Para ejemplificar esto, en la Figura 4 se muestra un estudio de casos donde Berardo *et al.* (2009) cuantificaron la disponibilidad de  $\text{NO}_3^-$  en los primeros 40 cm del perfil de suelo a inicios de la campaña 2008 y a inicios de la campaña 2009.



**Figura 4:** Distribución de la disponibilidad de  $\text{N-NO}_3^-$  (kg/ha, 40 cm profundidad) en lotes destinados a verdeos de invierno, pasturas o colza en 2008 y 2009 (Berardo y Reussi Calvo, 2009).

Durante la campaña 2008 el crecimiento de las plantas se vio severamente restringido por una prolongada sequía, que determinó un bajo consumo de nutrientes y una escasa mineralización de la materia orgánica (proceso que también es negativamente afectado por la deficiencia hídrica). Esto determinó

que la disponibilidad de  $\text{NO}_3^-$  cuantificada para el inicio de la campaña 2009 fuera considerablemente superior a la registrada para el año anterior.

El manejo del suelo afectará la disponibilidad de nutrientes, ya que las labranzas alteran las propiedades físico-químicas y favorecen el proceso de mineralización de la materia orgánica. De esto surge que, cuando los recursos forrajeros son implantados en siembra directa, inicialmente la oferta de nutrientes del suelo será inferior a la que presenten suelos laboreados. Sin embargo, en el largo plazo suelos con una larga historia de laboreo suelen manifestar disminuciones en el contenido de materia orgánica y en su fertilidad potencial.

De este modo, el conocimiento de las condiciones edáficas, así como de los requerimientos estacionales de nutrientes para el crecimiento esperado de la pastura permitirá establecer un diagnóstico previo de la condición nutricional de las plantas, prever posibles deficiencias y planificar anticipadamente el manejo de nutrientes. Durante el ciclo productivo, controles del estado nutricional de las pasturas (mediante análisis de plantas) permitirán ajustar ese diagnóstico inicial y posibilitarán la corrección de desbalances nutricionales.

### **3. Deficiencia de nutrientes: su impacto en el crecimiento de las pasturas**

Es abundante la información local (Mazzanti *et al.*, 1997; Lattanzi, 1998; Agnusdei *et al.*, 2001; García *et al.*, 2002) e internacional (Whitehead, 1995; Chapman y Lemaire, 1996) referida al efecto de las deficiencias nutricionales limitando el crecimiento y la producción de forraje.

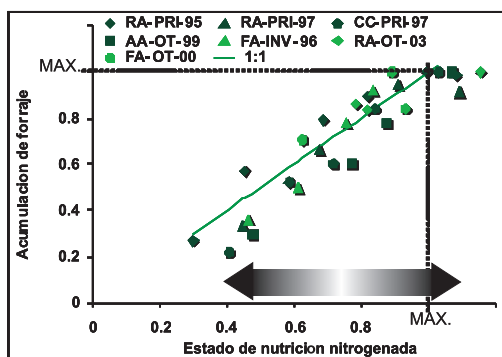
Uno de los criterios utilizados para definir el requerimiento de fertilización en cada ciclo de crecimiento (anual o estacional) es la realización de balances entre la oferta y la demanda de nutrientes en cada recurso forrajero.

Para atenuar deficiencias en el abastecimiento de P se debería establecer valores de requerimiento anual para el crecimiento de la pastura así como también para su probable oferta desde el suelo. La diferencia entre ambos (más un valor extra que considere la eficiencia de uso del fertilizante aplicado) orientaría hacia la dosis requerida de fertilizante fosfatado.

Dada la variabilidad temporal en la oferta edáfica de N, el planteo anterior debe realizarse para cada estación de crecimiento en lugar de efectuar un balance anual. Como se mencionó en la mayoría de los casos el abastecimiento de N es deficitario a la salida del invierno (Figura 3). Deficiencias en el abastecimiento de N para los recursos forrajeros pueden aparecer en otras épocas del año como puede ser el otoño, pero las condiciones edáficas (Figura 3) y/o climáticas (Figura 4 y 9) pueden moderar o exagerar su magnitud.

En la Figura 5 se presenta información generada en diversos estudios locales, en los que se evaluó el impacto de la deficiencia de N sobre la acumulación de forraje otoño-invernal e invierno-primaveral de varias gramíneas forrajeras templadas (raigrás anual, cebadilla criolla, agropiro y festuca). En estos estudios se utilizó el mismo protocolo experimental, entonces para atenuar el efecto de especies, sitios (suelos), años (clima) y estaciones de crecimiento se utilizaron los valores relativos respecto a un valor máximo de acumulación de forraje obtenido en cada ensayo.

Se aplicó además un concepto ampliamente difundido para diagnosticar el estado de nutrición nitrogenada en especies forrajeras que compara la concentración de N actual (Nac) observada en una pastura con la concentración de N crítica en planta (Ncr) a partir de la cual se podría alcanzar la máxima producción de forraje (Lemaire y Salette, 1982). La relación Nac/Ncr permite obtener un índice de nutrición nitrogenada (Gastal y Lemaire, 1997). Como se muestra en la Figura 5, considerando un estado de nutrición nitrogenada óptimo (con valor 1), independientemente de la especie, ambiente (sitio, condiciones climáticas) y estación de crecimiento considerada, la acumulación de forraje está directamente relacionada con el estado de nutrición nitrogenada de los recursos forrajeros (Gastal y Lemaire, 1997; Agnusdei *et al.* 2009).



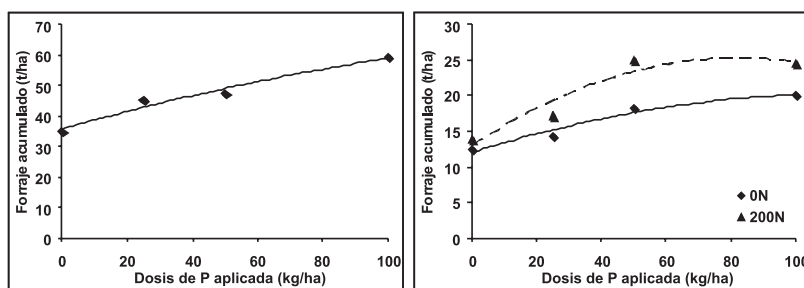
**Figura 5:** Acumulación de forraje relativo en función del estado de nutrición nitrogenada ponderado de recursos forrajeros: raigrás anual primavera 1995 (RA-PRI-95), raigrás anual primavera 1997 (RA-PRI-97), cebadilla criolla primavera 1997 (CC-PRI-97), agropiro alargado otoño 1999 (AA-OTO-99), festuca alta invierno 1996 (FA-INV-1996), raigrás anual otoño 2003 (RA-OTO-03), festuca alta otoño 2000 (FA-OTO-00). La línea indica la relación 1:1.

Estados nutricionales cercanos a 0 (0,2 – 0,3) indican que las plantas están severamente limitadas en el suministro de N y sólo podrán alcanzar una producción de forraje inferior a la mitad de su techo productivo, es decir que han utilizado ineficientemente los recursos que les ofrecía ese ambiente (radiación solar, temperatura, agua y otros nutrientes). En el extremo opuesto,

cuando el objetivo es lograr recursos forrajeros que se encuentren en un estado de nutrición nitrogenada «óptimo» (valor 1) se corre el riesgo de exceder la demanda de la pastura y generar estados «supraóptimos» (1,1 – 1,2). Esto implica un ineficiente uso del insumo N y pérdidas (contaminación ambiental). Por lo tanto, para lograr niveles productivos razonablemente altos y sustentables los sistemas ganaderos deberían contar con recursos forrajeros cuyas producciones de forraje se acerquen a un 80 % del techo productivo impuesto para cada ambiente.

#### 4. Impacto del agregado de nutrientes en sistemas ganaderos pastoriles

Existe numerosa evidencia nacional acerca del impacto de la fertilización fosfatada sobre la producción de forraje (García *et al.*, 1999). A modo de ejemplo en la Figura 6a se puede observar el incremento en la producción acumulada de un cultivo de alfalfa (cuatro años) por efecto del agregado de este nutriente (Berardo y Marino, 2000). Asimismo la Figura 8b muestra este efecto y además se pone de manifiesto el impacto del agregado de N en pasturas consociadas cuyo principal componente son especies gramíneas (Marino y Berardo, 2000).



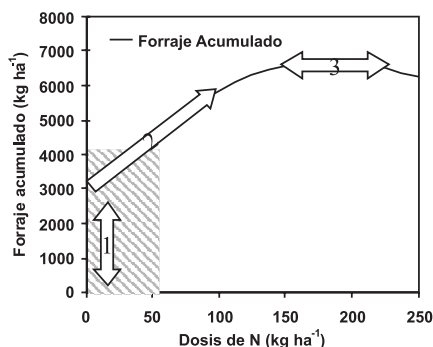
**Figura 6:** Efecto del P aplicado en la producción acumulada de pasturas de: (a) alfalfa (cuatro años, Berardo y Marino, 2000) y (b) pasturas consociadas base gramíneas con el agregado de 0 o 200 kg N /ha (dos años, Marino y Berardo, 2000).

En pasturas subnutridas, es factible corregir la deficiencia nutricional con el agregado de fertilizantes. La respuesta esperada al agregado de nutrientes generalmente es del tipo de la presentada en la Figura 7.

Experimentos locales realizados con pasturas de gramíneas forrajeras indican que, con aplicación de P pero sin el agregado de N los suelos de la región pueden sostener una producción de forraje otoño-invernal del orden de 0,5 a 1,5 t/ha y entre 1,5 y 3 t/ha para el período invierno-primaveral (Flecha 1, Figura 7). A partir de esta acumulación base, la respuesta en la acumulación de forraje al agregado de N es lineal hasta alcanzar acumulaciones de forraje cercanas a las máximas con dosis de 100 a 150 kg N/ha (Flecha 2, Figura 7). Dosis superiores a estos valores no tendrían un efecto significativo sobre la



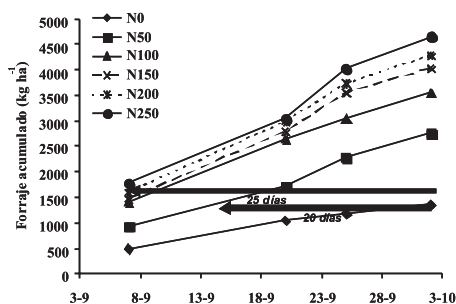
acumulación de forraje pero incrementarían innecesariamente el contenido de N de los tejidos vegetales (Flecha 3, Figura 7), lo cual contribuye a aumentar las ineficiencias en el uso del fertilizante aplicado.



**Figura 7:** Fases de la respuesta en la acumulación de forraje ante incrementos en la dosis de N aplicada. Crecimiento invierno-primaveral de raigrás anual.

Por otra parte, cabe destacar que dosis inferiores a los 50 kg N/ha generan incertidumbres en las respuestas obtenidas (área sombreada, Figura 7), y el éxito de la aplicación dependerá de la magnitud de las pérdidas hacia el ambiente (según las condiciones climáticas, tipo de fertilizante, etc.) y la demanda de la pastura (dosis excesivamente bajas no son suficientes para satisfacer los requerimientos nutricionales y restringen el crecimiento).

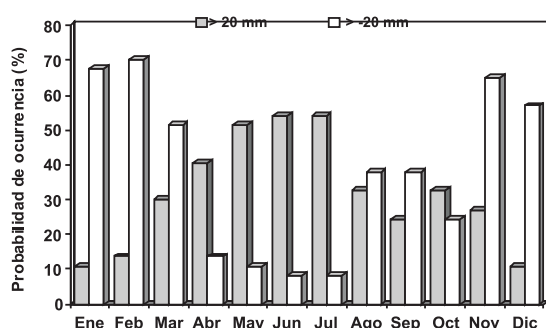
Un efecto adicional de mantener pasturas sin deficiencias nutricionales es el adelantamiento en la oferta de forraje con respecto a pasturas subnutridas. Como se observa en la Figura 8, las plantas sin deficiencias de N crecen a mayores tasas que las que presentan tales deficiencias. Esta diferencia en la velocidad de crecimiento puede ser de 10 o 15 días en un rebrote otoñal hasta de 20-30 días en un rebrote a la salida del invierno. Esto es particularmente importante en el último, ya que resulta un momento crítico para satisfacer la demanda de forraje en los sistemas ganaderos, cuando el crecimiento vegetal ha sido restringido por las bajas temperaturas invernales.



**Figura 8:** Efecto de la fertilización nitrogenada sobre la oferta de forraje en pasturas de raigrás anual.

En este punto se debe mencionar que, pasturas consociadas sin deficiencias en el abastecimiento de P ni de agua, pueden alcanzar altas producciones de forraje recién avanzada la primavera y a inicios del verano (ya que cuentan con el aporte de N de origen edáfico proveniente de la mineralización de la materia orgánica y de la fijación simbiótica de las leguminosas).

En el caso del N la respuesta a su aplicación es estacionalmente variable y dependerá en gran medida de las condiciones ambientales durante el período de rebrote. En la Figura 9 se muestra un balance mensual (promedio 30 años) entre las precipitaciones registradas y la evapotranspiración potencial (Fuente: Agrometeorología EEA INTA Balcarce).



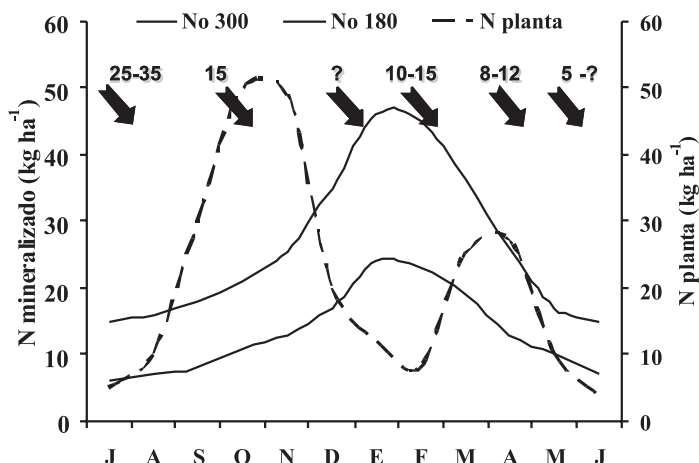
**Figura 9:** Probabilidad mensual de ocurrencia de excesos o déficits hídricos según el balance de las precipitaciones registradas menos la evapotranspiración potencial calculada (Promedio 30 años). Fuente: Agrometeorología EEA INTA Balcarce.

Durante el invierno, a pesar de existir un excedente de agua disponible (determinado por una baja demanda evaporativa) no puede ser utilizada eficientemente porque las bajas temperaturas limitan el crecimiento vegetal y el consumo de agua. Existen algunos períodos de mayor confiabilidad en la disponibilidad de agua para abastecer un activo crecimiento de las pasturas, esto suele ocurrir a la salida del invierno cuando el agua almacenada en el perfil durante los meses invernales puede sostener el crecimiento invierno-primaveral aún cuando las precipitaciones posteriores no fueran importantes.

Contrariamente avanzada la primavera y durante el verano déficits hídricos suelen comprometer el crecimiento de las pasturas. Posteriormente las condiciones hídricas son relativamente inciertas ya que luego del verano los perfiles de suelo suelen presentar falta de humedad y durante el otoño pueden registrarse tanto déficits como excesos de precipitaciones para satisfacer el requerimiento hídrico de las pasturas.

A modo de síntesis, en la Figura 10 se presenta para los dos tipos de suelos que ofrecen cantidades de N edáfico contrastantes (Figura 3), las respuestas

localmente esperadas a la aplicación de N en diferentes momentos del ciclo de crecimiento de pasturas templadas.



**Figura 10:** Distribución estacional de las tasas de mineralización de N en suelos del sudeste bonaerense con distinta cantidad de N potencialmente mineralizable (No 180 kg N ha<sup>-1</sup>, línea continua fina; No 300 kg N ha<sup>-1</sup>, línea continua gruesa) (Echeverría y Bergonzi, 1995) y del N acumulado en planta durante el ciclo productivo de una gramínea forrajera (línea cortada). Los valores colocados sobre las flechas indican las respuestas esperadas al agregado de N (kg MS/kg N aplicado) en distintos momentos del ciclo productivo.

Las mayores respuestas al N aplicado se registran a la salida del invierno y serían del orden de 25 a 35 kg MS/kg N aplicado (Mazzanti *et al.*, 1997; Agnusdei *et al.*, 2001; Marino *et al.*, 2004). Como se manifestó anteriormente en ese momento coinciden la menor oferta de N y la máxima demanda de las plantas, existiendo una baja probabilidad de ocurrencia que el agua disponible limite esta respuesta. En el período primavera-estival las respuestas que se podrían esperar disminuyen ya que la oferta de N edáfico se incrementa (al igual que sucede con la oferta de N proveniente de la fijación simbiótica), y con temperaturas superiores a 15°C (con condiciones de humedad de suelo predisponentes) el riesgo de pérdida del N aplicado por volatilización se incrementa. En tales condiciones sería conveniente elegir la fuente de N más apropiada. Las respuestas al N aplicado en otoño son intermedias (15 kg MS/kg de N aplicado) y tienen alta variabilidad según la situación considerada (tipo de suelo, condiciones climáticas, fuente de N aplicada) (Cañón, 2001; Rodríguez Lahitte, 2004; Jorgensen, 2007), mientras que en invierno suelen ser mínimas (5 – 8 kg MS/kg de N aplicado) y dependientes de cuan rigurosas sean las condiciones climáticas invernales. Sin embargo, a pesar de esperarse una baja respuesta a la aplicación de N en la época fría, se duplicaría la oferta

de forraje otoño-invernal. Por lo dicho, las respuestas factibles de obtener a la aplicación de N pueden presupuestarse con anticipación y elegir la alternativa más conveniente según el planteo productivo de cada empresa y la necesidad de contar con forraje en diferentes momentos del año.

Adicionalmente, para un mismo momento de aplicación las respuestas al agregado de nutrientes como el N suele ser mayor en especies anuales que en perennes debido a que las primeras presentan tasas de crecimiento y producciones de forraje superiores si se las compara en períodos de tiempo relativamente cortos (60-70 días). Esta mayor productividad estacional ha determinado un gradual incremento de la proporción de verdeos en las cadenas forrajeras, en detrimento de la utilización de pasturas perennes. Debe considerarse que sistemas ganaderos con una alta participación de estos recursos forrajeros resultan difícilmente sustentables en el largo plazo porque se acentúa: la utilización estacional de recursos del ambiente, la exploración superficial del perfil de suelo y la dependencia de insumos como los fertilizantes, combustible, etc. Por otra parte se reduce el aporte de materia orgánica al suelo y la eficiencia de uso del agua presente en capas más profundas del perfil. Una adecuada combinación de pasturas perennes con verdeos (utilizados estratégicamente) aportaría a la sustentabilidad de los sistemas ganaderos.

## **5. Consideraciones finales**

A modo de síntesis conviene destacar algunos aspectos que tendrían alto impacto productivo en los sistemas ganaderos de la región:

- Nutrición balanceada: deficiencias en el abastecimiento de un nutriente restringen la respuesta al agregado de otro nutriente, independientemente de las cantidades aplicadas del primero.
- Fijación simbiótica de N: aún en pasturas consociadas (gramíneas-leguminosas), el aporte de N proveniente de esta fuente no representa más del 50 % del requerimiento de las gramíneas forrajeras.
- Aporte edáfico de nutrientes: es altamente variable entre sitios, años y estaciones de año. El manejo del suelo (labranzas y rotaciones) afecta también el contenido de materia orgánica y por consiguiente la disponibilidad de los nutrientes.
- Demanda de nutrientes de las pasturas: varía según especies y período de crecimiento. Manejos nutricionales que procuren cubrir los requerimientos anuales de P junto con aplicación/es estratégicas de N tiene un alto impacto en la producción de forraje.
- Dosis aplicada – fuente: según el requerimiento nutricional y las condiciones edafoclimáticas (pH del suelo, temperatura, humedad) y de manejo en cada situación (incorporación de residuos, manejo de efluentes, etc.) así

como el costo por unidad de nutriente aplicado debe seleccionarse la dosis y fuente del nutriente más apropiada.

- Diferencia entre requerimientos y aportes: aplicación estratégica de la dosis requerida.

- Eficiencia de uso del forraje: los beneficios de un adecuado estado nutricional se pueden cuantificar sólo si se realiza una eficiente cosecha del forraje producido.

## **Bibliografía**

- Agnusdei, M.G., Colabelli, M.R. y Fernández Grecco, R.C. 2001. Crecimiento estacional de forraje de pasturas y pastizales naturales para el sudeste bonaerense. Boletín Técnico N° 152. ISSN 0522-0548. EEA INTA Balcarce.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 2000a. Producción de forraje de alfalfa bajo diferentes niveles de nutrición fosfatada en el sudeste bonaerense. Rev. Arg. de Prod. Anim. Vol 20 N° 2:93-101.
- Berardo, A. y Marino, M.A. 2000b. Efecto de la fertilización fosfatada sobre la disponibilidad de P y su relación con la producción de forraje en molisoles del sudeste bonaerense. I – Pasturas consociadas. XVIIº Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, 11-14 de abril de 2000. En CD.
- Berardo, A. y Reussi Calvo, N. 2009. El cultivo de trigo. Una alternativa para cosechar la sequía. Visión Rural. Año XVI N°77. Mayo-junio 2009. ISSN 0328-7009.
- Boschetti, N.G, C.E. Quintero y R.A. Benavídez. 1996. Residualidad del fertilizante fosfatado en pasturas consociadas de Entre Ríos (Argentina). Ciencia del Suelo 14:20-23.
- Cañón, 2001. Producción otoñal de agropiro alargado (*Thynopirum ponticum*): Efecto de la fertilización nitrogenada. Delegado del Decano. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP.
- Cástino, E.G. 2007. Pasturas: estimación y modalidades de uso de fertilizantes en el mercado de pasturas. Fertilizar Número 7: 10-17. Mayo 2007.
- Echeverría, H.E.y Bergonzi, R. 1995. Estimación de la mineralización de nitrógeno en suelos del sudeste bonaerense. Boletín Técnico No.135 1995. 15 p. CERBAS, Centro Regional Buenos Aires Sur, INTA. EEA Balcarce.
- García, F., Ruffo, M.L. y Daverede, I.C. 1999. Fertilización de pasturas y verdeos. Informaciones Agronómicas del Cono Sur No. 1, Marzo 1999.
- García, F. 2001. Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 9:1-3. INPOFOS Cono Sur, Acassuso, Buenos Aires, Argentina.
- Goulding, K., Jarvis, S. and Whitmore, A. 2008. Optimizing nutrient management for farm systems. Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences. 363(1491):667-80.
- Jorgensen, F. 2008. Crecimiento otoño-invernal de *Festuca arundinacea* Schreb. con diferente suministro de nitrógeno. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP.

- Lattanzi, F.A. 1998. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento de festucas de tipo templado y mediterráneo. Tesis Magister Scientiae. Programa de Postgrado en Ciencias Agrarias. Postgrado en Producción Animal. UI Balcarce.
- Lemaire G. y Gastal F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In: Lemaire G. (ed.) *Diagnosis of the Nitrogen status in crops*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. pp 3-43.
- Marino, M. A. y Berardo, A. 2000. Fertilización fosfatada de pasturas en el sudeste bonaerense. II – Efecto de la aplicación de nitrógeno sobre la respuesta a fósforo. *Rev. Arg. de Prod. Anim.* Vol 20 Nº 2:113-121.
- Marino, M.A., A. Mazzanti, S.G. Assuero, F. Gastal, H.E. Echeverría and F. Andrade. 2004. Nitrogen dilution curves and nitrogen use efficiency during winter spring growth of annual ryegrass. *Agronomy Journal* 96: 601-607.
- Mazzanti, A, Castaño, J., Sevilla, G. y Orbea, J. 1992. Características agronómicas de especies y cultivares de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas al sudeste de la Provincia de Buenos Aires. CERBAS - INTA EEA Balcarce.
- Mazzanti, A., Marino, M.A., Lattanzi, F., Echeverría, H.A. y Andrade, F. 1997. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el crecimiento y la calidad del forraje de avena y raigrás anual en el sudeste bonaerense. *Boletín Técnico* Nº 143. ISSN 0522-0548. SAGPyA, INTA CERBAS EEA Balcarce.
- Rodríguez Lahitte, D.G. 2004. Efecto de la fertilización nitrogenada y la fecha de siembra sobre el crecimiento otoñal e invierno-primaveral de raigrás anual *Lolium multiflorum*. Tesis Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMdP. 35 pp.
- West, C.P. and A.P. Mallarino. 1996. Nitrogen transfer from legumes to grasses. In: *Proceeding of Symposium «Nutrient cycling in forage systems»*. Ed. Joost, R.E: and Roberts, C.A. Columbia, Missouri. p. 167-176. PPI-FAR.